

ОБЛІК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Н.С. Дрешпак¹, С.І. Випанасенко², О.С. Дрешпак¹

¹ Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна, rector@nmu.org.ua, ORCID 0000-0002-4453-1378

² Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна, rector@nmu.org.ua, ORCID 0000-0002-0986-9488

³ Національний технічний університет “Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна, rector@nmu.org.ua, ORCID 0000-0003-1019-4382

ELECTRICITY ACCOUNTING IN ENERGY EFFICIENCY CONTROL SYSTEMS

N. Dreshpak¹, S. Vypanasenko², A. Dreshpak³

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, rector@nmu.org.ua, ORCID 0000-0002-4453-1378

² Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, rector@nmu.org.ua, ORCID 0000-0002-0986-9488

³ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, rector@nmu.org.ua, ORCID 0000-0003-1019-4382

Мета статті – оцінити можливості та визначити доцільність використання існуючих систем обліку електроенергії в системах контролю енергоефективності виробничих процесів промислових підприємств.

Методика дослідження - аналіз функцій існуючих систем обліку електроенергії та їх поєднання з функціями систем контролю енергоефективності.

Результати дослідження. Розглянуто зв'язок системи контролю ефективності використання електроенергії з іншими складовими системи енергоменеджменту. Сформульовані вимоги до об'єкту управління та системи його контролю. Показано, що структурна побудова і розташування точок обліку електроенергії існуючих розподільчих мереж промислового підприємства в основному відповідають умовам, необхідним для впровадження систем контролю енергоефективності.

Наукова новизна. Обґрунтована доцільність застосування систем контролю та обліку енергоресурсів (АСКОЕ) в системах контролю енергоефективності, що зумовлено орієнтацією цих систем на значну кількість об'єктів контролю та точок обліку електроенергії, необхідністю мінімізації похибки облікованих значень, оперативністю передачі даних в центр обробки інформації, можливістю зміни періодичності збору інформації, наявністю доступу до архіву даних.

Практичне значення. Існуюче програмне забезпечення АСКОЕ не здатне забезпечити виконання функцій системи контролю енергоефективності повною мірою. Запропоновано часткове використання його можливостей. Відокремлення функцій АСКОЕ від інших функцій системи контролю енергоефективності дозволяє розглядати необхідне програмне забезпечення у вигляді самостійних модулів, взаємодія яких реалізує повний перелік функцій системи контролю.

Ключові слова: облік електроенергії, контроль енергоефективності, системи енергоменеджменту.

Вступ. Викладені в [1,2] недоліки існуючих систем контролю ефективності споживання енергії при-таманні системам контролю різних видів енергетичних ресурсів. Що стосується відмінностей цих систем, то у першу чергу слід звернути увагу на особливості їх технічної реалізації. Відрізняються системи як структурною побудовою, що проявляється у різному ступені їх розгалуженості, обслуговуванні різної кількості споживачів, так і відмінностями технічних характеристик, режимів обліку енергії. Очевидно, що і при удосконаленні різних за призначенням систем контролю ефективності споживання енергії слід ураховувати особливості умов їх функціонування. Існуючі відмінності систем контролю обмежують можливості для узагальнення результатів виконаних досліджень. Це спонукало авторів статті орієнтуватися на контроль показників конкретного виду енергії – електричної. Зосередження уваги на споживанні електричної енергії зумовлено широкою сферою її застосування, значною вартістю і потребує поглибленого аналізу рівня споживання, пошуку ефективних заходів з енергозбереження. Умови споживання електричної енергії можуть бути різними, але значна кількість приймачів працює в умовах протікання швидкоплинних процесів, що потребує підвищеної оперативності функціонування систем контролю. Системи контролю споживання електричної енергії повинні бути достатньо інформативними для прийняття вірних управлінських рішень і забезпечувати прийнятну достовірність отриманих результатів. Забезпечення цих важливих

вимог можливе при наявності ефективного обліку електричної енергії. Існуючі системи обліку електричної енергії багатофункціональні, високотехнологічні [3] і завдяки цьому можуть служити основою для часткової реалізації функцій систем контролю енергоефективності, що підлягають створенню [4].

Задача дослідження полягає в аналізі функцій існуючих систем обліку електроенергії з точки зору можливості та доцільності їх використання в системах контролю енергоефективності промислових підприємств.

Рішення задачі. Розглянемо зв'язок систем контролю енергоефективності з іншими складовими системи управління енерговикористанням (системи енергоменеджменту) (рис.1) [1]. Об'єктом управління може бути промислове підприємство, його структурний підрозділ або окремий енергоємний агрегат, орієнтовані на випуск окремого виду продукції.

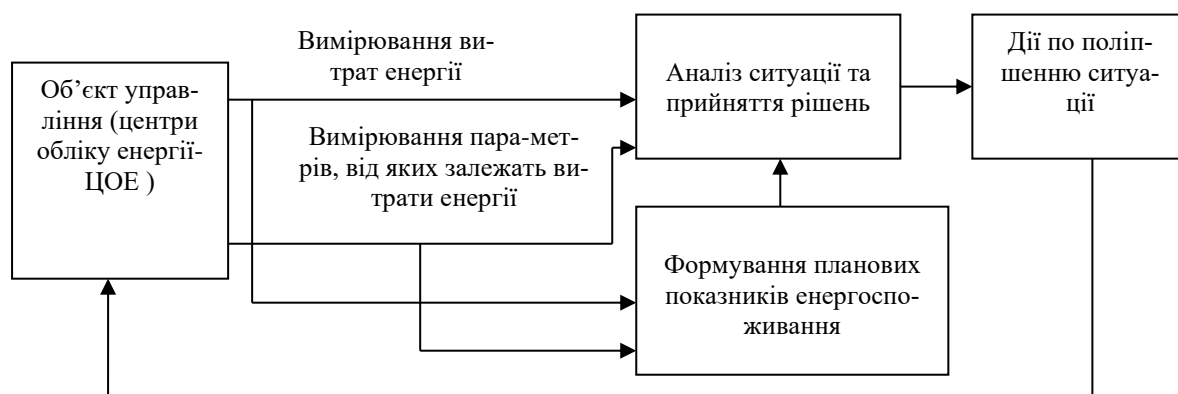


Рисунок 1 – Система контролю енергоефективності в структурі системи енергоменеджменту

Якщо підприємство або його підрозділ спеціалізуються на випуску декількох видів продукції, то об'єктом управління є та його частина, яка здійснює випуск одного виду продукції. Таким чином, багато-профільні підприємства можуть бути умовно поділені на декілька об'єктів, де здійснюється управління енергоспоживанням виробництва окремого виду продукції. Часто технологічний процес не завершується випуском товарної продукції, а представляє собою проміжну операцію виготовлення напівфабрикату. При цьому принципової різниці у визначенні об'єкта управління не існує. Для кожного об'єкта управління необхідно здійснювати облік спожитої енергії, а також реєструвати кількість отриманої продукції або напівфабрикатів. Так як мова йде про визначення фактичних значень питомого енергоспоживання, то необхідно чітко зіставляти значення витрат енергії з відповідним цим витратам випуском продукції (напівфабрикатів). Тобто слід звернути увагу на необхідність повного урахування витрат енергії, пов'язаних з технологічним процесом виробництва. Якщо облік спожитої енергії не буде повним, то це може внести суттєві зміни в показники енергоефективності та привести до невірних управлінських рішень, спрямованих на вирішення завдань енергозбереження [1]. Причиною неповного обліку енергії може бути наявність окремих технологічних операцій, енергетичні витрати на виконання яких не фіксуються. Це може бути зумовлено, наприклад, відсутністю достатньої кількості лічильників електричної енергії. Інша ситуація, що ускладнює процедуру вимірювання витрат енергії, полягає у застосуванні одного і того ж обладнання для одночасного виконання технологічної операції з різними виробами, енергоємність виготовлення яких контролюється. Розподілення обліку витрат енергії на виготовлення різних видів продукції часто здійснюють шляхом зміни структури електричних мереж, визначення раціональних точок обліку енергії, встановлення додаткових лічильників електричної енергії.

Слід зазначити, що структури існуючих електричних мереж промислових підприємств певною мірою відповідають їх адміністративному поділу, розподіленню виробничого процесу по технологічним ознакам. Розгалуженість мереж з окремим живленням адміністративних будівель, виробничих цехів, поєднується з відповідним визначенням точок обліку електроенергії окремих споживачів. І структурна побудова існуючих мереж і розташування точок обліку в цілому відповідають завданням визначення синтезованих енергетичних балансів підприємств, сприяють нормуванню та прогнозуванню витрат електроенергії як на виконання окремих технологічних процесів, так і на виробництво продукції в цілому. Ці позитивні ознаки існуючих систем можуть бути корисні при виділенні об'єктів управління і створенні відповідних систем контролю енергоефективності в рамках існуючих систем енергозабезпечення підприємства. Якщо об'єктом управління є структурний підрозділ підприємства (наприклад, цех з виробництва продукції), то необхідно звернути увагу на енергоємність технологічних операцій, суттєвість зміни питомих витрат енергії в часі. Якщо ці показники значимі, тоді уведення контролю за використанням енергії і управління цим процесом доцільні, і їх економічна ефективність, як свідчать дослідження [1], безумовна. Це

підтверджується зокрема тим, що упровадження заходів з енергозбереження на енергоємних виробництвах, як правило, є більш відчутним у порівнянні з менш енергоємними.

Існує широкий перелік засобів обліку електричної енергії [3]. Вони відрізняються за принципом визначення обсягу спожитої енергії (електронні, індукційні), їх призначенням (комерційного та технічного обліку), точністю обліку енергії (існує ряд фіксованих значень похибки вимірювання). Підключення лічильників до електричної мережі здійснюють, як правило, використовуючи додаткові пристрої (вимірювальні трансформатори струму та напруги). Вони вносять відповідну похибку в результати вимірювання, причому значення похибки значною мірою залежить від ступеня навантаження вимірювальних трансформаторів. Існує методика, яка дозволяє визначити рівні похибок вимірювання спожитої електроенергії [5], що є важливим чинником для обґрунтування достовірності фактичних значень питомого споживання енергії об'єктом управління. В системах контролю енергоспоживання підприємства в цілому можливе застосування лічильників комерційного обліку, що забезпечить підвищення точності вимірювань. Якщо мова йде про структурні підрозділи підприємства, то доцільно використовувати лічильники технічного обліку. Вони мають меншу вартість і забезпечують вимірювання з достатньою для вирішення сформульованих завдань контролю точністю.

Достовірність результатів співставлення фактичних і нормованих значень питомих витрат енергії (рис. 1) значною мірою залежить від похибки нормування, про що наголошувалось в [1]. Так як значення нормованих витрат є результатом аналізу стохастичних зав'язків змінних, то виникає завдання визначення похибки нормованих значень на основі аналізу отриманих в центрі обліку енергії статистичних даних.

Розглянемо іншу складову обліку, яка передбачає вимірювання параметрів процесу, від яких залежать витрати енергії об'єктом управління (рис. 1). Перш за все, необхідно звернути увагу на кількість виготовленої продукції та кількість відбракованої в результаті контролю її якості. Достовірність зафіксованих в процесі контролю кількісних показників повинна бути високою, так як вони безпосередньо впливають на показник енергоємності. Акцент на високу достовірність отриманої інформації надзвичайно важливий, так як виготовлення не облікованої продукції, на жаль, є розповсюдженим явищем сьогодення. Зрозуміло, що відсутність обліку не гарантує відсутності споживання енергії в процесі виготовлення не облікованої продукції. Якщо статистичний метод нормування показника питомого енергоспоживання передбачає застосування регресійного аналізу, то важливим є визначення конкретних значень параметрів, які уведені в математичну модель. Повинна існувати можливість безперешкодної реєстрації цих параметрів в умовах діючої технологічної лінії. Тому вибору цих параметрів, обґрунтованого порядку їх реєстрації слід приділяти особливу увагу. При цьому не слід забувати про те, що перелік врахованих параметрів є надзвичайно важливим для визначення впливу окремих факторів на показник питомої енергоємності процесу. Необхідно звести до мінімуму похибку реєстрації. Бажано, щоб зафіксоване значення фактору впливу використовувалось не тільки в системі контролю ефективності споживання енергії, а мало значення для функціонування інших систем виробництва (наприклад, дані маркшейдерських вимірювань, метрологічних показників і т.п.) Їх наявність у звітній документації підприємства суттєво підвищує достовірність інформації, дозволяє розглядати їх як ряди статистичних даних, отриманих в умовах конкретного виробництва. Аналізуючи сказане, приходимо до висновку про те, що облік необхідної для функціонування системи контролю інформації, передбачає отримання її як від засобів обліку електричної енергії, так і від засобів вимірювання неелектричних величин. Для цього можуть бути задіяні як системи автоматизованого обліку, так і засоби ручної реєстрації даних. Інформаційні потоки підлягають обробці з використанням комп'ютерної програми формування нормованих значень енергоспоживання, співставлення даних, визначення впливу окремих факторів на енергоефективність процесу, розрахунку інтегральних характеристик. Тобто важливі функції системи контролю (рис. 1) будуть реалізовані комп'ютерною програмою, яку необхідно розробити. Очевидно, що розробка програми потребує відповідного математичного забезпечення. Воно повинно акумулювати нові ідеї стосовно підвищення оперативності, точності, інформативності контролю [1]. Розвиток теоретичних засад контролю енергоефективності дозволить здійснювати операції управління процесом виробництва на принципово новій основі його інформаційного забезпечення, уникнути невдалих не обґрунтованих рішень.

Виникають питання, пов'язані з технічною реалізацією систем контролю. Запропонований підхід до їх вирішення полягає у спробі максимального застосування існуючих засобів, які спроможні реалізувати у повному обсязі або частково сформульовані до систем вимоги [1]. При виборі лічильників електричної енергії слід урахувати можливість їх встановлення у визначених точках обліку, передачі даних для здійснення відповідних розрахунків, налаштування необхідних параметрів процедури обліку. Необхідно урахувати, що в межах енергоємного підприємства формують, як правило, декілька об'єктів управління, тобто слід орієнтуватися на значну кількість точок обліку. В розподільчих електричних мережах промислових підприємств точки обліку зазвичай визначають в підстанціях та розподільчих пунктах [1].

Необхідність реалізації оперативного обліку в системі контролю енергоефективності спонукає до застосування в її складі автоматизованих систем обліку, де вимірювання здійснюють з певною періодичністю, існує можливість обробки отриманих даних без суттєвої затримки в часі. Безліч точок обліку,

зумовлених значною кількістю об'єктів управління, орієнтація на одночасну обробку інформації в спільному центрі обробки даних, дозволяє розглядати в якості прийняттого варіанту для впровадження контролю енергоефективності застосування автоматизованих цифрових систем отримання та обробки даних АСКОЕ.

Програмне забезпечення АСКОЕ має прості алгоритми формування нормованих значень. Часто контроль здійснюється у формі, коли фіксується перевищення або неприйнятне для споживача зниження вимірюваного параметра відносно встановленого рівня. Ясно, що такий рівень контролю не може задовольнити вимог, визначених для систем контролю ефективності використання енергії. Очевидно, що підхід для вирішення сформульованого завдання полягає у поєднанні функцій, що реалізуються в АСКОЕ (у першу чергу, процедури обліку), з функціями спеціально розробленого для контролю енергоефективності процесів програмного забезпечення.

В залежності від призначення АСКОЕ поділяють на системи технічного та комерційного обліку [3]. Виходячи із визначеного об'єкту дослідження, завдань контролю [4], слід орієнтуватися на технічних облік, який ураховує споживання енергії підприємством та його підрозділами. Відомо, що результати технічного обліку АСКОЕ використовують також для нормування, планування і навіть управління процесом енергоспоживання [3]. Незважаючи на те, що використання АСКОЕ для забезпечення цих функцій в окремих випадках є прийнятним, слід зазначити, що закладені в ранні періоди створення таких систем алгоритми їх реалізації не можуть бути застосовані для виконання сформульованих завдань контролю енергоефективності [4] і їх необхідно удосконалювати. Між тим, деякі функції АСКОЕ є прийнятними для створюваної системи контролю і можуть бути задіяні при її розробці. Структура системи контролю наведена на (рис.2).

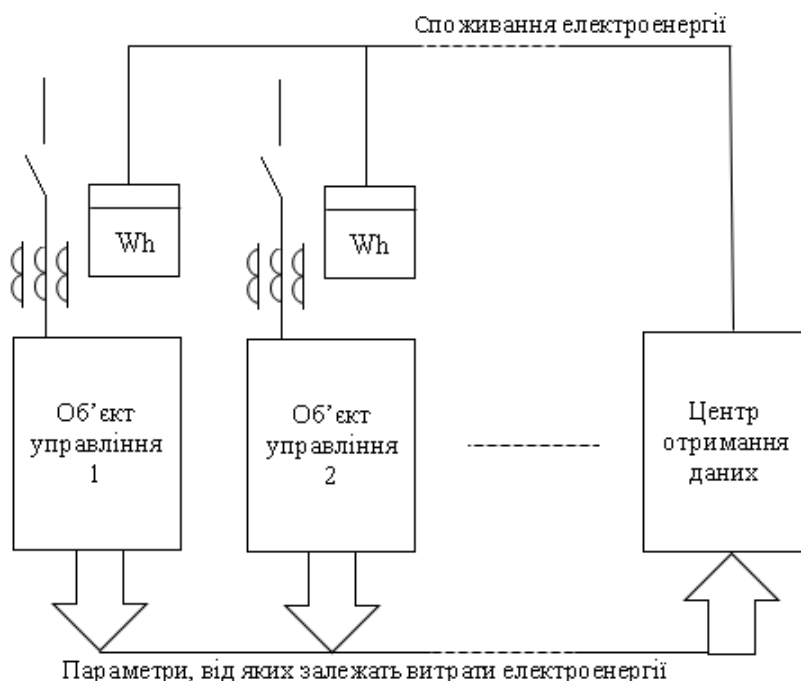


Рисунок 2 – Система контролю енергоефективності з використанням АСКОЕ

На більшості підприємств використання систем АСКОЕ передбачає становлення лічильників електричної енергії у визначених точках обліку (в трансформаторних підстанціях, розподільчих пунктах) [3]. Реєстрація отриманої лічильниками інформації може здійснюватися різними способами (обхід лічильників оператором, передача даних в центр обробки інформації з використанням безпроводних або провідних каналів зв'язку). Технічні системи обліку часто поєднують з комерційними. Для створюваної системи контролю таке поєднання є доцільним у випадку, коли аналізу підлягає як споживання електроенергії підприємством (комерційний облік), так і реєструються витрати енергії окремими підрозділами, технологічними агрегатами (технічний облік).

Центр обробки даних містить ЕОМ, яка здійснює облік електричної енергії, спожитої декількома об'єктами управління 1,2...n, обробку даних і їх представлення у належному вигляді. Одночасно здійснюють вимірювання неелектричних величин, які впливають на процес електроспоживання в об'єктах управління. Інформація також потрапляє в центр обробки даних. Поєднання інформаційних потоків дозволяє реалізувати повний перелік функцій, характерних для системи, що підлягає розробці. Важливо те, що

частина функцій, притаманних АСКОЕ, поєднується з функціями, необхідними для реалізації систем контролю. Таке поєднання відбувається завдяки встановленню програмного забезпечення АСКОЕ та розробленої програми контролю енергоефективності в одній OEM з наступним об'єднанням їх функцій для вирішення спільних завдань.

Існує необхідність окремого розгляду тих функцій АСКОЕ, які будуть використані в системі контролю енергоефективності. Незважаючи на суттєве різноманіття систем АСКОЕ, їх функціональні можливості відрізняються незначною мірою. Більшість існуючих систем частково реалізують функції, необхідні для роботи створеної системи контролю. В табл.1 наведено перелік основних функцій системи контролю і окремо виділені функції АСКОЕ, які доцільно використовувати для реалізації основних функцій. Їх використання дозволить суттєво зменшити трудомісткість робіт, пов'язаних з впровадженням системи контролю, так як значно спрощується процедура отримання необхідної інформації. Зрозуміло, що в системі контролю задіяна частина функцій, які здатна виконувати АСКОЕ. Але це не свідчить про те, що планується тільки часткове їх використання. АСКОЕ мають більш широкі можливості для реалізації обліку, контролю і управління енергоспоживанням, і ці можливості можуть бути використані повною мірою при вирішенні додаткових завдань, не пов'язаних з контролем енергоефективності. Очевидно, що основні функції системи контролю енергоефективності (табл.1) повинні реалізовуватися при розробці програми контролю, яка взаємодіє з програмним забезпеченням АСКОЕ.

Таблиця 1

Використання АСКОЕ для часткової реалізації функцій системи контролю енергоефективності

Функції АСКОЕ, що можуть бути задіяні в системах контролю енергоефективності	Основні функції системи контролю енергоефективності
<ul style="list-style-type: none"> - Одночасний облік електроенергії в декількох точках системи електропостачання і передача даних в центр їх обробки; - Можливість зміни інтервалу обліку електроенергії та періодичний збір результатів вимірювань; - Формування архіву даних обліку з можливістю доступу до цих даних у визначених проміжках часу; - Можливість взаємодії з іншим програмним забезпеченням системи контролю енергоефективності. 	<ul style="list-style-type: none"> - Визначення нормованих значень ефективності споживання електричної енергії; - Співставлення фактичних показників енергоефективності з нормованими значеннями; - Визначення впливу окремих факторів на показник енергоефективності; - Розробка інтегральних характеристик ефективності споживання електричної енергії.

Необхідно звернути увагу на те, що виконання функцій контролю енергоефективності не можливо без оперативного забезпечення програми контролю достовірною інформацією з визначених точок обліку, отримання якої здійснює АСКОЕ. В той же час, слід підкреслити, що реалізований в більшості АСКОЕ набір функцій контролю показників енергоспоживання суттєво відрізняється від наведеного в табл.1 переліку основних функцій контролю енергоефективності. Це пояснюється, зокрема, тим, що реалізація перерахованих в табл.1 функцій контролю передбачає наявність додаткової інформації про значення параметрів, від яких залежать витрати електроенергії.

Висновки

1. Структурна побудова та розташування точок обліку існуючих розподільчих систем електропостачання промислових підприємств створюють, як правило, сприятливі умови для нормування питомих витрат енергії, що необхідно враховувати при формуванні об'єктів управління системи енергоменеджменту і створенні систем контролю ефективності використання електроенергії.

2. При використанні статистичного методу нормування питомого енергоспоживання існує необхідність визначення похибки визначення нормованого значення, що важливо для оцінки достовірності отриманих результатів контролю енергоефективності в процесі зіставлення фактичних значень енергоспоживання з нормованими.

3. На відміну від АСКОЕ, системи контролю ефективності споживання електричної енергії використовують не тільки інформацію з лічильників енергії, а, крім того, отримують дані про значення параметрів об'єктів управління, від яких залежить енергоспоживання. Таким чином, програмне забезпечення АСКОЕ не здатне забезпечити виконання функцій систем контролю у визначеному обсязі. Існує можливість і обґрунтована доцільність часткового використання цих функцій.

4. Відокремлення функцій АСКОЕ від інших функцій систем контролю енергоефективності дозволяє розглядати програмне забезпечення цих систем як самостійні модулі і використати їх можливості для взаємодії в центрі обробки даних з метою об'єднання і реалізації повного переліку перерахованих функцій.

Перелік посилань

1. Півняк, Г.Г., Випанасенко, С.І., Хованська, О.І., Хацкевич, Ю.В., Дрешпак, Н.С. (2013). *Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення*. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет.
2. Vypanasenko, S.I., Dreshpak, N.S. (2015). *Informational and methodological support for energy efficiency control*. Power Engineering, Control and Information Technologies in Geotechnical Systems, Vol. 2, 53-57.
3. Дрешпак, Н.С., Випанасенко, С.І. (2016). *Розширення можливостей аналізу інформації автоматизованих систем обліку енергії*. Збірник наукових праць НГУ, №2, 7-9.
4. Ожегов, А.Н. (2006). Системы АСКУЭ. Киров.: Вятский госуниверситетский институт.
5. Научно-технический совет Национальной комиссии Минэнерго по вопросам регулирования электроэнергетики Украины (1997). Главный правовой портал Украины: *Концепция построения автоматизированных систем учета электроэнергии в условиях энергорынка*. Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/GK1437.html

АННОТАЦІЯ

Цель статьи - оценить возможности и определить целесообразность использования существующих систем учета электроэнергии в системах контроля энергоэффективности производственных процессов промышленных предприятий.

Методика исследования - анализ функций существующих систем учета электроэнергии и их сочетания с функциями систем контроля энергоэффективности.

Результаты исследования. Рассмотрена связь системы контроля эффективности использования электроэнергии с другими составляющими системы энергоменеджмента. Сформулированы требования к объекту управления и системы его контроля. Показано, что структурное построение и расположения точек учета электроэнергии существующих распределительных сетей промышленного предприятия в основном соответствуют условиям, необходимым для внедрения систем контроля энергоэффективности.

Научная новизна. Обоснована целесообразность применения систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) в системах контроля энергоэффективности, что обусловлено ориентацией этих систем на значительное количество объектов контроля и точек учета электроэнергии, необходимостью минимизации погрешности учетных значений, оперативностью передачи данных в центр обработки информации, возможностью изменения периодичности сбора информации, наличием доступа к архиву данных.

Практическое значение. Существующее программное обеспечение АСКУЭ не способно обеспечить выполнение функций системы контроля энергоэффективности в полной мере. Предложено частичное использование его возможностей. Отделение функций АСКУЭ от других функций системы контроля энергоэффективности позволяет рассматривать необходимое программное обеспечение в виде самостоятельных модулей, взаимодействие которых реализует полный перечень функций системы контроля.

Ключевые слова: учет электроэнергии, контроль энергоэффективности, системы энергоменеджмента.

ABSTRACT

Purpose of work – to assess possibilities and define usefulness of the existing electricity meter reading systems in energy efficiency control systems of technological processes at industrial enterprises.

Research methods – analyzing functions of the existing electricity meter systems and their combination with the functions of energy efficiency control systems.

Research results. The connection between control systems and other components of energy management system is considered. Requirements for the management object, and the control systems, are formulated. It is shown that the structural construction and location of electricity metering points in the existing distribution networks at industrial enterprise mainly meet the conditions for implementing energy efficiency control systems.

Scientific novelty. The necessity for using automatic meter reading (AMR) systems, which is due to orientating the systems on a significant number of the control objects and electricity metering points, the need to increase accuracy of the metered values, frequency in the transmission data, as well as the ability to change periodicity of data collection, and the availability of access to the data archive, is substantiated.

Practical significance. The existing AMR system's software is not fully able to carry out functions of the system for energy efficiency control. Partial use of its capabilities is offered. Separating the AMR system's functions from the other functions of the system for energy efficiency control allows us to consider the corresponding software in the form of independent modules, interaction of which provides realizing full list of functions of the control system.

Key words: electricity accounting, energy efficiency control, energy management systems.

Рекомендовано до друку: к-том техн. наук, доцентом Колбом А.А.